

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

MPS101US

Abstract of DE 42 38 831 A1

The HF device has a HF transmitter coupled to a transmission antenna (3) for initiating nuclear magnetic resonance within the body. The resulting HF signals are detected by a HF receiver using a surface coil (10) inductively coupled with the transmission antenna. The HF transmission antenna is constructed as a round hollow waveguide of a whole body resonator (15).

Preferably the surface coil is provided with an electronic switch (12) for damping the inductive coupling between the surface coil and the transmission antenna during the transmission cycle.

The device is used for object examination, especially human body. The surface coil is employed in both transmission and reception cycles.



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift 10 DE 42 38 831 A 1

51 Int. Cl. 5:
G 01 R 33/36

21 Aktenzeichen: P 42 38 831.7
22 Anmeldetag: 17. 11. 92
43 Offenlegungstag: 19. 5. 94

DE 42 38 831 A 1

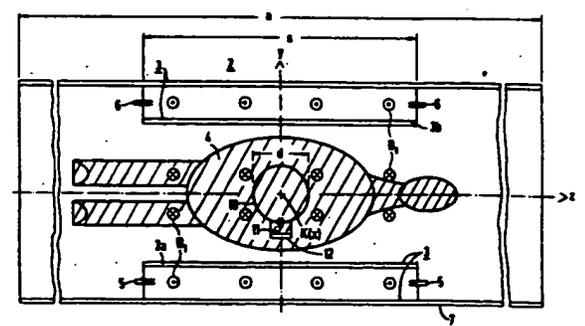
71 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:
Vester, Markus, Dipl.-Ing., 8520 Erlangen, DE; Renz,
Wolfgang, Dipl.-Ing., Dr., 8520 Erlangen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Hochfrequenzeinrichtung einer Anlage zur Kernspintomographie mit einer Oberflächenspule

57 Die HF-Einrichtung (2) einer Anlage zur Kernspintomographie enthält einen HF-Senderteil mit einer Sendeantenne (3) zur Anregung von Kernspins in einem zu untersuchenden Körper (4) und einen HF-Empfangsteil zum Empfang von durch die Kernspinanregung hervorgerufenen HF-Signalen, wobei eine an dem Körper (4) anzuordnende Oberflächenspule (10) vorgesehen ist. Erfindungsgemäß soll die Oberflächenspule (10) nur für eine induktive Kopplung ausgelegt sein, wobei die Kopplung zwischen der Oberflächenspule (10) und der Sendeantenne (3) erfolgt. Dabei ist die Oberflächenspule im Empfangsfall und gegebenenfalls auch im Sendefall aktiv.



DE 42 38 831 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Hochfrequenz-Einrichtung einer Anlage zur Kernspintomographie, die einen Hochfrequenz-Senderteil mit einer Sendeantenne zur Anregung von Kernspins in einem zu untersuchenden Körper und einen Hochfrequenz-Empfangsteil zum Empfang von durch die Kernspinanregung hervorgerufenen Hochfrequenz-Signalen enthält, wobei eine an dem Körper anzuordnende Oberflächenspule vorgesehen ist. Eine entsprechende Hochfrequenz(HF)-Einrichtung geht aus der DE-OS 41 13 120 hervor.

Anlagen zum Erzeugen von Schnittbildern eines zu untersuchenden Objektes, insbesondere eines menschlichen Körpers oder Körperteils, unter Anwendung magnetischer Kernresonanzen sind an sich bekannt. Hierbei wird der zu untersuchende Körper in ein homogenes Magnetfeld, das sogenannte Grundfeld, eingebracht, das in dem Körper eine Ausrichtung der Kernspins von Atomkernen, insbesondere von an Wasser gebundenen Wasserstoffatomkernen (Protonen), bewirkt. Mittels hochfrequenter Anregungsimpulse werden dann diese Kerne zu einer Präzessionsbewegung angeregt. Nach dem Ende eines Anregungsimpulses präzedieren die Atomkerne mit einer Frequenz, die von der Stärke des Grundfeldes abhängt und pendeln sich dann aufgrund ihrer Spins nach einer vorbestimmten Relaxationszeit wieder in die durch das Grundfeld vorgegebene Vorzugsrichtung ein. Durch rechnerische oder meßtechnische Analyse der integralen Kernsignale kann aus der räumlichen Spindichte oder der Verteilung der Relaxationszeiten innerhalb einer Körperschicht ein Bild erzeugt werden. Die Zuordnung des in Folge der Präzessionsbewegung nachweisbaren Kernresonanzsignals zum Ort seiner Entstehung erfolgt durch Anwendung linearer Feldgradienten. Die entsprechenden Gradientenfelder können dem Grundfeld überlagert und so gesteuert werden, daß nur in einer abzubildenden Schicht eine Anregung der Kerne erfolgt. Eine auf diesen physikalischen Effekten basierende Bilddarstellung ist bekannt unter der Bezeichnung Kernspin-Tomographie (KST) oder NMR-Tomographie (Nuclear Magnetic Resonance).

Zur Hochfrequenz(HF)-Anregung der Kernspins ist ein Senderteil mit einer Antenne erforderlich, die z. B. gemäß der eingangs genannten DE-OS als ein sogenannter Ganzkörperresonator ausgebildet ist. Hierzu ist die Sendeantenne als resonante Rundhohlleiterantenne ausgebildet. Sie weist deshalb mehrere elektrische Leiterelemente auf, die sich parallel zur Zylinderachse des als Solenoid gestalteten Grundfeldmagneten erstrecken. Diese Leiterelemente sind von einem gemeinsamen, für die niederfrequenten Gradientenfelder durchlässigen, jedoch für die HF-Felder undurchlässigen Hüllrohr, einem sogenannten HF-Schirm, aus elektrisch gut leitendem Material umgeben. In dieser Rundhohlleiterantenne werden resonante Schwingungsverhältnisse zum Senden eingestellt.

Mit der bekannten KST-Anlage sollen insbesondere Körperbereiche mit verhältnismäßig geringer Ausdehnung abgebildet werden. Hierzu dient eine Oberflächen- oder Lokalspule, die einfach auf den abzubildenden Körperteil, beispielsweise einen Wirbel, das Mittelohr oder ein Auge, aufgelegt wird. Mit solchen Oberflächenspulen erhält man nämlich ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis, da Rauschsignale nur aus einem verhältnismäßig kleinen Körperbereich empfangen werden. Die Oberflächenspule besteht im einfachsten Fall aus einer

kreisförmigen Drahtschleife, die hochfrequenzmäßig beschaltet ist. Um Auswirkungen einer HF-Feldinhomogenität möglichst gering zu halten, verwendet man bei der bekannten KST-Anlage diese Oberflächenspule lediglich zum Empfang von durch die Kernspinanregung hervorgerufenen HF-Signale, während die Anregung der Kernspins mit der als Rundhohlleiterantenne gestalteten Ganzkörperantenne erfolgt. In dieser bekannten Ausführungsform einer HF-Einrichtung sind somit für eine Bilderzeugung zwei verschiedene HF-Teile, nämlich ein HF-Senderteil und ein HF-Empfangsteil vorgesehen.

Das mit der Oberflächenspule der bekannten KST-Anlage eingefangene HF-Signal wird über ein Zuleitungs- bzw. Anschlußkabel aus dem Untersuchungsbe- reich der Anlage nach außen einer signalverarbeitenden Elektronik zugeführt. Hierbei treten jedoch eine Reihe von Problemen auf:

1. Da das Zuleitungskabel sich auch in dem Untersuchungsbe- reich befindet, kann es hinderlich sein.
2. Beim Senden des HF-Senderteils mittels des Ganzkörperresonators bilden sich auf dem Zuleitungskabel störende Mantelwellen aus, die in besonders ungünstigen Fällen eine zu hohe Leistungsdichte an dem zu untersuchenden Körper zur Folge haben können. Es sind deshalb besondere Maßnahmen zur Unterdrückung solcher Mantelwellen erforderlich.
3. Während des Empfangs muß der Ganzkörperresonator des Senderteils entkoppelt sein oder verstimmt werden, damit er dem Feld der Oberflächenspule nur unwesentlich Energie entzieht.
4. Die HF-Verluste im Zuleitungskabel verschlechtern das Signal-zu-Rauschverhältnis, wenn ein Vorverstärker der nachgeordneten Elektronik nicht direkt an die Oberflächenspule angebaut wird. Dies ist jedoch nicht in allen Fällen möglich.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, die HF-Einrichtung einer KST-Anlage mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend auszugestalten, daß die vorstehend genannten Probleme praktisch nicht mehr gegeben sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die mindestens eine Oberflächenspule nur für eine induktive Kopplung ausgebildet ist, wobei die Kopplung zwischen der Oberflächenspule und der Sendeantenne erfolgt.

Bei den erfindungsgemäßen Maßnahmen wird von der Überlegung ausgegangen, zum Empfang die Sendeantenne des Senderteils als Kopplungsspule zu verwenden und die Feldkonzentration im Schwingkreis der Oberflächenspule zum Empfang auszunutzen. Dabei kann die Sendeantenne insbesondere als ein Ganzkörperresonator ausgebildet sein. Daneben sind aber auch andere Ausführungsformen von Sendeantennen, z. B. in Form einer Kopfspule, möglich. Vorteilhaft ist, daß bei einer induktiv gekoppelten Oberflächenspule wie beim Anmeldegegenstand Einbußen an Signal-zu-Rauschverhältnis vernachlässigbar gering sind. Außerdem treten die geschilderten Probleme von Oberflächenspulen mit Zuleitungskabeln nicht auf.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen HF-Einrichtung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird nachfolgend auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren

Fig. 1 eine erfindungsgemäße HF-Einrichtung schematisch veranschaulicht ist. Fig. 2 zeigt das Schaltbild einer Oberflächenspule dieser Einrichtung, während aus Fig. 3 die magnetischen Feldverhältnisse an einer Oberflächenspule hervorgehen. In Fig. 4 ist ein Blockschaltbild mit einer HF-Einrichtung nach der Erfindung dargestellt. In den Figuren sind sich entsprechende Teile mit denselben Bezugszeichen versehen.

Die in Fig. 1 als Längsschnitt schematisch veranschaulichte, allgemein mit 2 bezeichnete HF-Einrichtung einer Anlage zur Kernspintomographie befindet sich z. B. in einem in der Figur nicht dargestellten, hohlzylinderförmigen Grundfeldmagneten. Die Zylinderachse liegt dabei in z-Richtung eines rechtwinkligen x-y-z-Koordinatensystems. In diese z-Richtung weist auch das magnetische Grundfeld des Grundfeldmagneten. Es ist in einem den Koordinatenursprung K umschließenden Nutzvolumen hinreichend stark und homogen. Die HF-Einrichtung 2 enthält einen HF-Senderteil, mit dessen Sendeantenne 3 beispielsweise ein Ganzkörperresonator zur Anregung von Kernspins in einem zu untersuchenden Körper 4 ausgebildet ist. Dieser Körper ist in der Figur nur durch eine schraffierte Fläche schematisch angedeutet und befindet sich innerhalb des von dem Ganzkörperresonator umschlossenen Raumes, wobei er sich insbesondere durch das Nutzvolumen erstreckt. Die Sendeantenne weist zu einer beispielsweise linearen Polarisierung zwei Antennenleiter 3a und 3b, die sich in z-Richtung erstrecken. Diese Antennenleiter sind über Resonanzkondensatoren 5 und 6 mit einem hohlzylinderförmigen, konzentrisch um die z-Achse angeordneten HF-Schirm 7 verbunden, der für niederfrequente Gradientenfelder durchlässig, jedoch für HF-Felder praktisch undurchlässig ist. Der Schirm 7 besteht aus elektrisch gut leitendem Material, beispielsweise aus einer Kupferfolie, die auf einem nicht dargestellten Träger angeordnet sein kann, und hat eine axiale Ausdehnung a. Der HF-Schirm bildet zusammen mit den Antennenleitern 3a und 3b, deren Länge s wesentlich geringer als die Ausdehnung a sein kann, eine Rundhohlleiterantenne, deren Koppellemente die Antennenleiter 3a und 3b sind. Das von dieser Antenne im Sendefall erzeugte Magnetfeld sei durch seine Induktion B_1 angedeutet, deren ortsabhängige Richtung in der Figur in bekannter Weise durch Punkte und Kreuze veranschaulicht ist. Ein entsprechender Ganzkörperresonator ist z. B. aus der eingangs genannten DE-OS 41 13 120 zu entnehmen.

Gemäß der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen HF-Einrichtung 2 wird davon ausgegangen, daß die Sendeantenne 3 des HF-Senderteils als ein Ganzkörperresonator in Form einer Rundhohlleiterantenne ausgeführt ist. Selbstverständlich sind auch andere, an sich bekannte Antennenkonfigurationen, die resonante Schwingkreise darstellen, einsetzbar. Ein solches Ausführungsbeispiel wäre eine bekannte Kopfspule. Bei den nachfolgenden Erläuterungen sei jedoch ein Ganzkörperresonator gemäß Fig. 1 zugrunde gelegt.

Die HF-Einrichtung 2 ist ferner mit einem HF-Empfangsteil ausgestattet, mit dem die durch Kernspinnanregungen in dem Körper 4 hervorgerufenen HF-Signale empfangen und an eine nachgeordnete signalverarbeitende Elektronik weitergeleitet werden. Erfindungsgemäß enthält dieser Empfangsteil zur Messung in einem verhältnismäßig eng begrenzten Körperbereich eine in der Figur nicht maßstabgetreu eingezeichnete Oberflächenspule 10, die lediglich induktiv an die Sendeantenne 3 des HF-Senderteils gekoppelt ist. Die Oberflächen-

spule 10 wird von einer oder mehreren Windungen einer Drahtschleife z. B. aus Kupfer gebildet, deren Durchmesser d z. B. zwischen 2 und 20 cm liegt und deren Drahtstärke z. B. 3 bis 7 mm beträgt. Die Drahtschleife ist über einen Kondensator 11 zu einem resonanten Schwingkreis geschlossen, wobei die Kondensatorkapazität C im allgemeinen einen Wert zwischen 10 und 100 pF hat. Dem Kondensator 11 kann eine elektronische Schalteinheit 12 parallelgeschaltet sein, mit der im Sendefall der Stromfluß in der Spule 10 so stark bedämpft wird, daß dann die Spule praktisch unwirksam ist und das Feld der Sendeantenne nicht verzerrt.

Fig. 2 zeigt das Schaltbild des mit einer Oberflächenspule 10 gebildeten resonanten Schwingkreises. Aus Fig. 3 gehen die zugehörigen Feldverhältnisse an der Oberflächenspule 10 hervor. Dabei sind folgende Bezeichnungen gewählt:

B_1 für die magnetische Induktion des homogenen äußeren Feldes des Senderteils bzw. Ganzkörperresonators, B_2 für die magnetische Induktion des das an der Oberflächenspule 10 hervorgerufenen Feldes,

R für den Widerstand der leitenden Teile der Oberflächenspule und die Belastung der Oberflächenspule durch das Gewebe des zu untersuchenden Körpers,

L für die Induktivität der mindestens einen Windung der Oberflächenspule,

C für die Kapazität des Kondensators 11 in der Oberflächenspule 10 und

U_1 für die an der Oberflächenspule 10 induzierte Spannung.

Bei der Resonanzfrequenz wird die durch Selbstinduktion erzeugte Spannung U_2 durch die am Kondensator erzeugte Spannung $-U_2$ kompensiert, und der Strom I durch die Spule 10 ist nur durch den Verlustwiderstand R begrenzt. Es ergibt sich dann ein überhöhtes sekundäres Feld $B_2 = j \times Q_2 \times B_1$, wobei Q_2 die Kreisgüte am zu untersuchenden Körper 4 ist. Im allgemeinen gilt $30 < Q_2 < 200$ für typische Oberflächenspulen am menschlichen Körper. Im Resonanzfall wird also das Magnetfeld B_2 im Schwingkreis konzentriert (vgl. Fig. 3). Die damit verbundene Erhöhung der Empfangsempfindlichkeit ist etwa proportional zu der Kreisgüte Q_2 .

Eine Anpaßschaltung des HF-Senderteils (Ganzkörperresonators) kann Impedanzänderungen der Oberflächenspule 10 bei verschiedenen Belastungen ausgleichen. Die bei bekannten HF-Einrichtungen normalerweise verwendete variable Anpaßschaltung in der Oberflächenspule kann somit vorteilhaft entfallen.

Für eine wirksame induktive Ankopplung der Empfangsspule (Oberflächenspule) 10 an den Ganzkörperresonator sollte die geometrische Größe der Empfangsspule bei gegebenen Abmessungen des zu untersuchenden Körpers 4 aus physikalischen Gründen nicht zu klein gewählt werden. Will man dennoch eine sehr kleine Oberflächenspule vorsehen, beispielsweise in Form einer Augenspule, so kann vorteilhaft eine Ineinanderschachtelung mehrerer drahtlos gekoppelter Empfangsspulen, z. B. der Augenspule in einer größeren Kopfspule, vorgesehen werden. Dieses System von Oberflächenspulen ist dann seinerseits induktiv an die Antenne des HF-Senderteils gekoppelt.

Um dasselbe äußere Feld B_1 zu erzeugen, würde an einem Ganzkörperresonator mit induktiv gekoppelter Oberflächenspule eine vergleichsweise größere Leistung als bei fehlender Spule benötigt, da dem Ganzkörper-

peresonator die durch das Feld der Induktion B_2 umgesetzte Leistung zugeführt werden müßte. Er wird also durch die Oberflächenspule stark bedämpft. Damit spielen jedoch die Leiterverluste des Körperresonators vorteilhaft nur noch eine geringe Rolle.

Eine von der Belastung durch den zu untersuchenden Körper abhängige Anpassung kann in der Oberflächenspule 10 nicht erfolgen; sie soll lediglich in Resonanz bleiben. Belastungsänderungen der Oberflächenspule werden an den äußeren Ganzkörperresonator invers weitergereicht und können dort angepaßt werden. Eine stärkere Belastung der Oberflächenspule bewirkt dabei eine geringere Belastung des Ganzkörperresonators.

Für die Funktionsweise der HF-Einrichtung nach der Erfindung sind zwei mögliche Anwendungsfälle zu unterscheiden, nämlich ob die Oberflächenspule lediglich als Empfangsspule dient, oder ob sie auch für den Sendefall herangezogen werden soll.

Im ersten Fall muß die nur zum Empfang eingesetzte Spule beim Senden unwirksam gemacht werden, um so die Homogenität des Ganzkörperresonators zu erhalten. Dies kann gemäß dem in Fig. 4 gezeigten Schaltbild z. B. mit einer elektronischen Schalteinheit 12 bewirkt werden. Diese Schalteinheit kann in an sich bekannter Weise mit Hilfe von einem Paar von antiparallelgeschalteten Dioden 13a und 13b gebildet werden, die über eine Hilfsspule 14 und einen Hilfskondensator 14' zur Unterdrückung von Gradientenwirbelströmen dem Schwingkreiskondensator 11 parallelgeschaltet sind. Wegen der starken Lastunterschiede des Ganzkörperresonators 15 beim Senden und Empfang ist eine separate Anpaßschaltung 16 vor einem Empfangs(vor)verstärker 17 sinnvoll. Wird sie variabel gestaltet, so können auch unterschiedliche Oberflächenspulen optimal rauschangepaßt werden.

Alternativ kann auch eine Nutzung der Oberflächenspulen-Feldkonzentration beim Senden von Vorteil sein, um den Leistungsbedarf und die gesamte Wärmebelastung des zu untersuchenden Körpers zu verringern. Außerdem lassen sich durch eine örtlich selektive Oberflächenspulen-anregung Artefakte durch außerhalb des gewünschten Bereichs liegende Körperteile stark reduzieren. Die Belastung durch die Oberflächenspule kann mit der beim Senden und Empfangen wirksamen Anpaßschaltung des Ganzkörperresonators ausgeglichen werden.

Wichtig ist eine exakte Leistungsüberwachung, um eine versehentliche Fokussierung bei voller Körpersendeleistung sicher zu vermeiden. In der Oberflächenspule kann deshalb zusätzlich eine Sicherung, beispielsweise eine Schmelzsicherung, eingebaut sein, die bei zu hoher mittlerer Leistung den Schwingkreis unterbricht.

Das Feld B_2 der passiv angekoppelten Oberflächenspule kann linear oder zirkular polarisiert sein. Unabhängig davon kann eine Anregung mit linear polarisierten oder zirkular polarisierten Feldern des Ganzkörperresonators vorgesehen werden. Fig. 4 zeigt das Schaltbild für den Fall einer linearen Polarisation eines Ganzkörperresonators 15 wie auch einer Oberflächenspule 10. Der Ganzkörperresonator 15 ist als eine einseitig geerdete Schleife 18 dargestellt, die durch einen Kondensator 19 unterbrochen ist. Der Ganzkörperresonator ist über einen Kondensator 20 mit einer Schaltelektronik 21 verbunden. Über diese Elektronik werden im Sendebetrieb die von einer Senderelektronik 22 erzeugten HF-Signale dem Ganzkörperresonator 15 zugeführt. Demgegenüber wird bei Empfangsbetrieb das von der Oberflächenspule 10 empfangene und induktiv

auf dem Ganzkörperresonator 15 übertragene HF-Signal 23 über diese Schaltelektronik 21 der Anpaßschaltung 16 zugeleitet. Deren Signal wird in der nachgeordneten Empfangselektronik 17 weiterverarbeitet.

Patentansprüche

1. Hochfrequenz-Einrichtung einer Anlage zur Kernspintomographie, die
 - einen Hochfrequenz-Senderteil mit einer Sendeantenne zur Anregung von Kernspins in einem zu untersuchenden Körper und
 - einen Hochfrequenz-Empfangsteil zum Empfang von durch die Kernspinnanregung hervorgerufenen Hochfrequenz-Signale
 enthält, wobei eine an dem Körper anzuordnende Oberflächenspule vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Oberflächenspule (10) nur für eine induktive Kopplung ausgelegt ist, wobei die Kopplung zwischen der Oberflächenspule (10) und der Sendeantenne (3) erfolgt.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die induktive Kopplung zwischen der Oberflächenspule (10) und der Hochfrequenz-Sendeantenne (3) nur für den Empfangsfall vorgesehen ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenspule (10) mit einer elektronischen Schalteinheit (12) versehen ist zum Dämpfen der induktiven Kopplung zwischen der Oberflächenspule (10) und der Hochfrequenz-Sendeantenne (3) im Sendefall.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalteinheit (12) zwei antiparallel geschaltete Dioden (13a, 13b) aufweist, die in Reihe mit einer Hilfsspule (14) geschaltet sind.
5. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenspule als Teil der Sendeantenne des Hochfrequenz-Senderteils vorgesehen ist.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenspule als ein Spulensystem aus mehreren ineinandergeschachtelten, nur induktiv gekoppelten Spulen ausgebildet ist.
7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer induktiven Kopplung zwischen der Oberflächenspule (10) und der Hochfrequenz-Sendeantenne (3) im Sendefall in die Oberflächenspule eine Schmelzsicherung eingebaut ist.
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochfrequenz-Sendeantenne (3) als eine Rundhohlleiterantenne eines Ganzkörperresonators (15) ausgebildet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

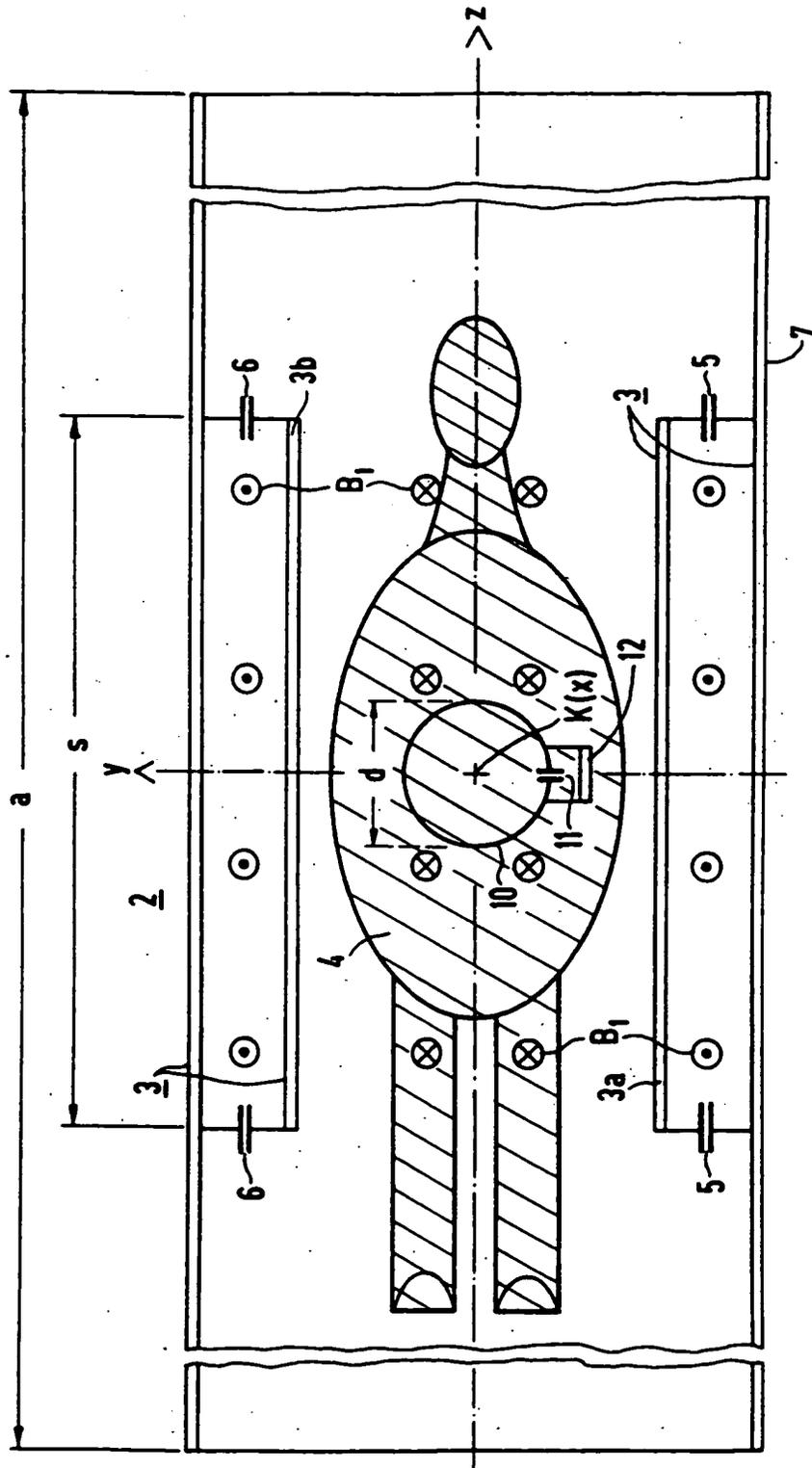


FIG 1

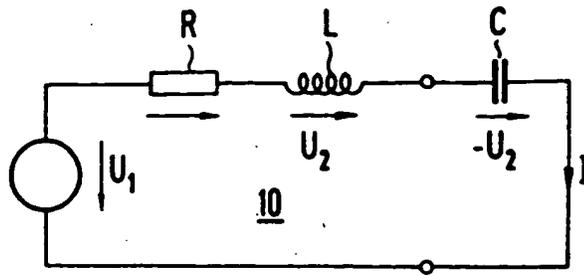


FIG 2

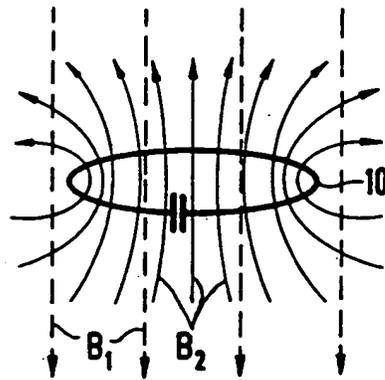


FIG 3

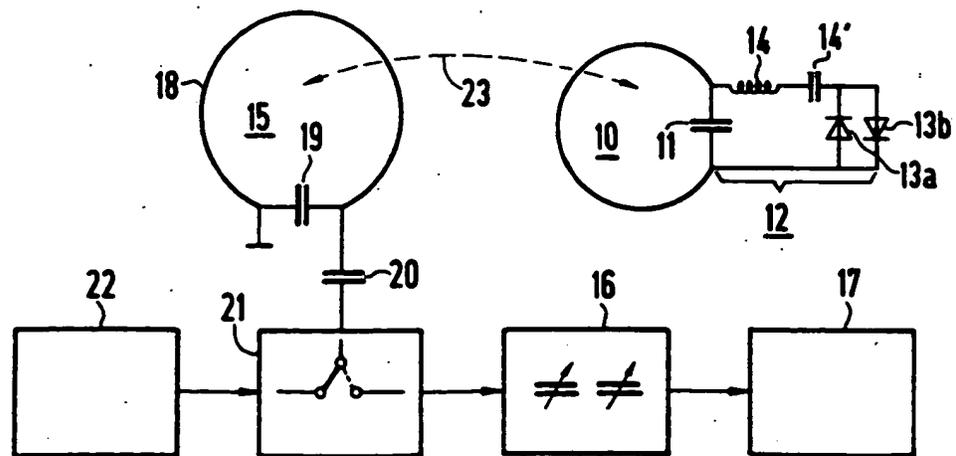


FIG 4